

УДК 004.032.26

## Автоматическая идентификация видов древесных пород по изображениям коры с использованием сверточных нейронных сетей

Чернякова Виктория Витальевна

vika.20002@mail.ru  
SPIN-код: 5688-5398

Соболев Илья Александрович

i.sblv@yandex.ru  
SPIN-код: 3623-8436

МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Мытищи, Россия

**Аннотация.** Рассмотрена задача автоматизации идентификации видов древесных пород по изображениям коры. Представлен подход, основанный на применении современных сверточных нейронных сетей, в частности архитектуры YOLO 11. Показана эффективность использования предварительно размеченных наборов данных, включающих изображения коры различных видов деревьев. Сделаны выводы о том, что предложенный метод позволяет достичь довольно высокой точности и скорости классификации, а его интеграция в системы лесопатологического мониторинга может существенно повысить эффективность управления лесными ресурсами. Сравнение результатов исследования с используемыми сегодня методами и технологиями показывает преимущества разработанных и примененных авторами подходов.

**Ключевые слова:** лесные ресурсы, экологический мониторинг, идентификация деревьев, кора, глубокое обучение, сверточные нейронные сети, искусственный интеллект в экологии

## Automatic identification of tree species from bark images using convolutional neural networks

Chernyakova Victoria V.<sup>(\*)</sup>vika.20002@mail.ru  
SPIN-code: 5688-5398

Sobolev Ilya A.

i.sblv@yandex.ru  
SPIN-code: 3623-8436

Mytishchi branch of BMSTU, Mytishchi, Russia

**Abstract.** This paper examines the problem of automating the identification of tree species from bark images. An approach based on modern convolutional neural networks, in particular the YOLO 11 architecture, is presented. The effectiveness of using pre-labeled datasets, including bark images of various tree species, is demonstrated. It is concluded that the proposed method enables relatively high classification accuracy and speed, and its integration into forest pathology monitoring systems can significantly improve the efficiency of forest resource management.

**Keywords:** forest resources, environmental monitoring, tree identification, bark, deep learning, convolutional neural networks, artificial intelligence in ecology

**Введение.** Мониторинг состояния лесов и инвентаризация лесных ресурсов являются критически важными задачами лесного хозяйства [1]. Традиционные методы идентификации видов деревьев и оценки их состояния, основанные на визуальном анализе морфологических признаков (листьев, цветов, плодов, коры) и сборе гербарных образцов, могут требовать значительных временных и трудовых затрат, а также высокой квалификации специалистов. В условиях масштабных климатических изменений и антропогенного воздействия необходимость в оперативных и точных методах мониторинга многократно возрастает. Одним из стабильных диагностических признаков, доступных в течение всего года, является кора дерева, текстура и цвет которой менее подвержены сезонным изменениям по сравнению с другими его частями. Современные методы компьютерного зрения и глубокого обучения, в частности сверточные нейронные сети (Convolutional Neural Networks, CNN), демонстрируют высокую эффективность в задачах классификации изображений [2]. В последние годы появились исследования, направленные на идентификацию видов деревьев по коре с использованием CNN, например, ResNet и ConvNeXt [3]. Однако задачи детекции вида дерева на основе изображений коры остаются довольно малоизученными.

Целью данной работы является разработка и оценка метода автоматической идентификации видов древесных пород по изображениям коры с использованием современной архитектуры YOLO 11.

**Материалы и методы.** Для решения поставленной задачи был выбран фреймворк YOLO (You Only Look Once) версии 11, известный своей высокой скоростью и точностью в задачах детекции и классификации объектов в реальном времени. Архитектура YOLO 11 предлагает несколько вариантов моделей (nano, small, medium, large, extra large), различающихся по количеству параметров и вычислительной сложности, что позволяет гибко подходить к выбору в зависимости от доступных ресурсов и требований к точности [4]. В качестве языка программирования использовался Python 3.11.9.

Для обучения модели был сформирован датасет, объединяющий публично доступные наборы данных BarkNet и собственные данные, собранные авторами. Общий объем датасета составил несколько десятков тысяч изображений. В набор данных для обучения модели вошли 23 породы деревьев, включая лиственные (12 видов) и хвойные (11 видов), которые распространены или могут встречаться в наших регионах. Суммарно в выборки для обучения вошли 23,5 тысячи изображения, которые неравномерно распределены от 128 до 5448 фотографий на породу. Поэтому ожидалось, что обученная модель не будет давать достаточно хороший результат при определении некоторых пород, но это оказалось не так.

Данные были разделены на обучающую (16460 файлов или 70 %), валидационную (4698 файлов или 20 %) и тестовую (2370 файлов или 10 %) выборки. Параллельно с данной работой производится также формирование набора данных для определения пороков дерева на стволе. Процесс обучения проводился с использованием библиотеки Ultralytics. Были установлены

следующие гиперпараметры: количество эпох — 50, размер изображения — 320 на 320 пикселей, с использованием GPU, ведь опыт показывает, что процесс обучения протекает гораздо быстрее по сравнению с использованием CPU [5].

Точность определения породы дерева по его коре в среднем составила более 90 % (от 69 % в единственном случае до 100 %), что можно считать довольно хорошим результатом несмотря на неравномерное количество исходных данных и на сравнительно небольшой их объем.

**Результаты.** Проведенные эксперименты показали, что модель YOLO 11 демонстрирует высокую эффективность в задаче определения породы дерева по структуре коры. На тестовой выборке была достигнута средняя точность (mAP) выше 90 % для задачи классификации. В различных исследованиях наблюдается, что визуализация результатов работы моделей с помощью методов Grad-CAM и анализа признаков показывают, что сети фокусируют внимание на ключевых биологических особенностях коры, что коррелирует с подходами экспертов-дендрологов [6].

**Обсуждение.** Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования архитектуры YOLO 11 для комплексного решения задач лесной таксации. Высокая скорость классификации позволяет оперативно обрабатывать большие массивы данных, полученных, например, с помощью мобильных устройств. Это открывает возможности для создания различных автоматизированных систем. Важным преимуществом подхода является его способность обучаться на мультиклассовых датасетах, объединяющих информацию как о виде, так и о других параметрах дерева. Основные ошибки классификации наблюдались между близкими видами (например, разными видами рода *Picea* или *Asper*), что указывает на необходимость дальнейшего расширения и балансировки обучающей выборки. В сравнении с более ранними исследованиями, использовавшими классификационные CNN (например, ResNet, ConvNeXt), подход на основе YOLO 11 позволяет не только классифицировать изображение в целом, но и локализовать конкретные области (объекты) на изображении, что повышает информативность и интерпретируемость результатов.

**Заключение.** Разработанный метод на основе сверточной нейронной сети YOLO 11 доказал свою эффективность для автоматической идентификации видов древесных пород по изображениям коры. Достигнутая высокая точность и скорость обработки данных позволяют рассматривать его как практичный инструмент для интеграции в современные системы мониторинга за лесами и инвентаризации лесных ресурсов.

Для дальнейшего повышения надежности модели планируется расширение датасета за счет включения изображений, сделанных в различных погодных условиях, сезонах, а также эксперименты с другими архитектурами и техниками аугментации данных.

Использование модели позволит работникам лесного хозяйства упростить и ускорить процесс идентификации деревьев в различных условиях.

Внедрение подобных технологий способствует цифровизации лесного хозяйства и переходу к более эффективному и предиктивному управлению лесными экосистемами.

Таким образом, разрабатываемые методы глубокого обучения для автоматической идентификации видов древесных пород и диагностики патологий по коре представляют собой практическую реализацию подхода «Техника на службе Природы». Данное исследование демонстрирует, как современные цифровые технологии могут быть адаптированы для работы в неидеальных условиях, характерных для многих экологических задач. Внедрение подобных систем способствует переходу к более эффективному, точному и масштабируемому экологическому мониторингу, что является важным шагом на пути к достижению гармонии в системе «Природа — Человек — Техника» и формированию научно обоснованного экологического мировоззрения.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Kiseleva V., Korotkov S., Naidenova E., Stonozhenko L. Structure and regeneration of spruce forests as affected by forest management practices in the Moscow region. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Jubilee Scientific and Practical Conference Innovative Directions of Development of the Forestry Complex (FORESTRY-2018). Institute of Physics Publishing, 2019, art. no. 012042. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/226/1/012042>
- [2] Сикорский О.С. Обзор сверточных нейронных сетей для задачи классификации изображений. *Новые информационные технологии в автоматизированных системах*, 2017, № 20, с. 37–42. EDN: YNADUJ
- [3] Huang Y., Wen X., Gao Yu. et al. Tree species classification in UAV remote sensing images based on super-resolution reconstruction and deep learning. *Remote Sensing*, 2023, vol. 15, no. 11, art. no. 2942. <https://doi.org/10.3390/rs15112942>
- [4] Чернякова В.В. Применение нейросетей в классификации пород деревьев: обучение модели для точной и быстрой идентификации. *Студенческая научная весна. Всерос. студенческая конф., посв. 110-летию со дня рождения академика В.Н. Челомея: сб. тез.* Москва, Научная библиотека, 2024, с. 339–340. EDN: BQNZLA
- [5] Соболев И.А., Чернякова В.В. Применение нейросетей в классификации деревьев по категориям состояния: обучение модели для точной и быстрой идентификации. *Студенческая научная весна. Всерос. студенческой конф., посв. 85-летию со дня рождения академика И.Б. Фёдорова: сб. тез.* Москва, Научная библиотека, 2025, с. 423–424. EDN: WONHSI
- [6] Carpentier M., Giguère P., Gaudreault J. Tree species identification from bark images using convolutional neural networks. 2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), Madrid, Spain, 2018, pp. 1075–1081. <https://doi.org/10.1109/IROS.2018.8593514>

